

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРИХВАТОВ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ СКВАЖИНЫ ПРИ БУРЕНИИ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ ХЕМОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В. Н. Шиленкова

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Л. К. Бруй

Беларусь является одним из регионов, где в разрезе скважины присутствуют мощные отложения солей. Бурение скважин в этих отложениях является достаточно сложной задачей. Существующие в настоящее время меры борьбы с проявлениями осложнений при бурении таких пород не соответствуют принципам предупреждения, а направлены на ликвидацию аварий после их возникновения. Чтобы избежать дополнительных производственных затрат на ликвидацию осложнений, вызванных бурением соленосных отложений, необходимо найти эффективный способ их предупреждения. Главная роль в возникновении такого осложнения как прихват бурильной колонны в верхней части скважины принадлежит процессам кристаллизации, адгезии и когезии хлорида натрия.

Прихват – это технологическое нарушение, характеризующееся частичным или полным прекращением поступательного или вращательного движения колонны бурильных труб и инструмента в скважине.

Осложнения в виде прихватов верхней части колонны при бурении соленосных отложений глубоких скважин (более 2500 м) возникают по причине возникновения «кристаллизационной шубы», т. е. слоя кристаллообразований, уменьшающего объем межтрубного пространства скважины.

Образование кристаллов в буровом растворе в результате разницы температур на устье и забое скважины, их рост, когезия (процесс сцепления между собой) и адгезия на буровом инструменте приводят к образованию «кристаллизационной шубы» и уменьшению диаметра скважины. На металлических поверхностях более развиты теплообменные процессы, поэтому возможность осаждения на них кристаллов и агрегатов соли намного вероятнее (особенно во время остановки циркуляции бурового раствора, при спуско-подъемных операциях, т. е. в то время, когда резко снижается скорость восходящего потока и прекращается циркуляция бурового раствора).

Существующие в настоящее время меры борьбы с проявлениями осложнений при бурении мощных соленосных пород не соответствуют принципам предупреждения, а направлены на ликвидацию аварий после их возникновения.

Чтобы избежать дополнительных производственных затрат на ликвидацию осложнений, вызванных бурением соленосных отложений, необходимо найти эффективный способ их предупреждения. Известно, что одним из способов предотвращения прихватов является применение буровых растворов на не водной основе, обладающих свойством не растворять соль, например известково-битумных, нефтеэмульсионных и т. п. [1]. В этом направлении разработано много рецептур, однако их применение ограничивается трудностью приготовления, дефицитом и стоимостью углеводородной жидкости, экологической проблемой.

В практике бурения скважин с применением буровых растворов на водной основе чаще всего для ликвидации последствий кристаллизации соли производят промывку пакки пресной технической воды или пресного раствора (для смыва «кристаллизационной шубы») [2]. Недостатком этого способа является ухудшение свойств бурового раствора и увеличение материальных затрат, вызванных дополнительными обработками химическими реагентами для поддержания необходимых значений технологических параметров бурового раствора. Кроме того, это мероприятие, несмотря на определенную эффективность, влечет за собой цепочку других, не менее опасных осложнений (кавернообразование, обвалы и осыпи породы).

Причины возникающих осложнений чаще всего взаимосвязаны между собой. Например, если буровой раствор не насыщен солью, то в стволе скважины образуются значительные каверны из-за растворения соленосных отложений, причем величина кавернозности будет зависеть от концентрации соли в растворе, скорости течения и времени воздействия на пласт. В свою очередь прихваты и затяжки в глубокозалегающих интервалах возникают в результате деформации («течения») солей. Однако попытки избежать их появления за счет увеличения плотности раствора не всегда приносят желаемых результатов.

Одним из способов снижения растворимости соли является пересыщение раствора солью и, в случае необходимости, применение структурированного бурового раствора с содержанием кристаллической соли с большой поверхностью. Для того чтобы это осуществить, надо чтобы размеры кристаллов соли были меньше размера частиц породы, выносимой очистными механизмами. Именно такие частицы будут способны, во-первых, удерживаться в структуре раствора, и, во-вторых, прекрасно растворяться при увеличении температуры. Поэтому для осуществления поставленной задачи необходимо было найти способ, позволяющий снизить рост и когезию кристаллов на металлических поверхностях.

В связи с этим был разработан метод определения способности того или иного химического реагента тормозить рост кристаллов, т. е. тот, в присутствии которого будут образовываться кристаллы меньшего размера, и будет считаться ингибитором процесса кристаллизации.

Суть метода заключается в получении кристаллов после охлаждения насыщенных горячих растворов соли, разделении их на фракции и определении процентного содержания кристаллов разной величины. Образование, когезия кристаллов и адгезия их на металлических стержнях оцениваются в процентном отношении к общему количеству выпавших из раствора кристаллов.

Чем выше процент кристаллов, оставшихся на фильтре ($< 0,2$ мм) после фильтрации, и чем меньше их образовалось на металлической поверхности, тем эффективнее реагент как ингибитор роста и когезии кристаллов хлорида натрия.

Разработаны способы определения мелкокристаллической соли в соленасыщенном буровом растворе для подбора ингибиторов кристаллизации.

Первый способ заключается в разбавлении бурового раствора дистиллированной водой и определении растворенной в нем кристаллической соли. Сначала определяется среднее значение $P_{\text{в1}}$ (вес воды в 100 г бурового раствора) трех навесок соленасыщенного бурового раствора путем их высушивания при температуре 105 °С до постоянного веса. Затем отфильтровывается исходный буровой раствор и с помощью пикнометра определяется плотность фильтрата (γ_1). Разбавляется 100 г исходного бурового раствора 100 г дистиллированной воды и все перемешивается на смесителе в течение 20–30 мин. После фильтрования разбавленного бурового раствора определяется плотность его фильтрата (γ_2). Из справочной таблицы по плотностям фильтратов (γ_1 и γ_2) определяется содержание хлористого натрия в 100 г фильтрата бурового раствора ($P_{\text{с1}}$) и в 100 г фильтрата разбавленного бурового раствора ($P_{\text{с2}}$).

Содержание кристаллической соли в соленасыщенном буровом растворе рассчитывается по формуле

$$X = \frac{(P_{\text{в1}} + 100)P_{\text{с1}}}{100 - P_{\text{с2}}} - \frac{P_{\text{в1}}P_{\text{с1}}}{100 - P_{\text{с1}}}, \quad (1)$$

где X – количество мелкокристаллической соли в буровом растворе, вес. %; $P_{\text{в1}}$ – вес воды в 100 г бурового раствора (среднее значение по трем навескам), г; $P_{\text{с1}}$ – вес соли, содержащейся в 100 г фильтрата исходного бурового раствора, г; $P_{\text{с2}}$ – вес соли, содержащейся в 100 г фильтрата разбавленного бурового раствора, г.

Второй способ заключается в определении содержания мелкокристаллической соли в соленасыщенном буровом растворе путем отмывания всей содержащейся в нем соли от твердой фазы. Содержание кристаллической соли также рассчитывается по определенной формуле. Этот способ можно использовать для проверки результатов, полученных по первому способу.

Целесообразность применения ингибиторов кристаллообразования нашла подтверждение в работах группы сервисных компаний «Миррико». Ее специалисты по своим методикам провели оценку эффективности ингибиторов солеотложений серии Descum в насыщенном растворе хлорида натрия.

В качестве ингибиторов кристаллообразования целесообразно применять анионоактивные поверхностно-активные вещества или производные жирных карбоновых кислот, добавляя их в буровой раствор в количестве 1,0–1,5 об. %.

Таким образом, в результате проведенной исследовательской работы были сделаны следующие выводы:

- при бурении глубоководных пород кристаллы соли в твердой фазе бурового раствора не должны превышать размера 0,05 мм;

- предложен способ предотвращения прихватов верхней части колонны буровых труб при бурении глубоководных пород, заключающийся в подавлении процесса кристаллизации хлорида натрия на поверхностях буровых и обсадных труб путем обработки соленасыщенного бурового раствора ингибитором кристаллизации хлорида натрия, способствующим образованию кристаллов размером не более 0,05 мм;

- разработана методика оценки химического реагента в качестве ингибитора роста и когезии кристаллов хлорида натрия;

- выведены формулы для расчета количества мелкокристаллической соли в соленасыщенном буровом растворе.

Л и т е р а т у р а

1. Ангелопуло, О. К. Буровые растворы, используемые при разбуривании солевых отложений в глубоких скважинах / О. К. Ангелопуло, Б. Н. Хахаев, Н. Н. Сидоров. – М. : ВНИИОЭНГ, 1978.
2. Сенкевич, Э. С. Кристаллизация солей как фактор проявления осложнений при бурении глубоких скважин в соленосных отложениях / Э. С. Сенкевич, Л. К. Бруй, Е. В. Шутова // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. тр. – Вып. 3. – Гомель : БелНИПИнефть, 1999. – С. 307–309.